



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**MITIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO EM CABRAS LEITEIRAS COM  
DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE PLANTAS DO CERRADO**

**LUANA MAGNA DE SOUZA**

**AREIA  
2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**MITIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO EM CABRAS LEITEIRAS COM  
DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE PLANTAS DO CERRADO**

**LUANA MAGNA DE SOUZA**

*Zootecnista*

**AREIA  
2019**

LUANA MAGNA DE SOUZA

**MITIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO EM CABRAS LEITEIRAS COM  
DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE PLANTAS DO CERRADO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias – Areia-PB, como requerimento parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros - Orientador Principal (CCA/UFPB)

Prof. Dr. Aldivan Rodrigues Alves (IFMA – Caxias-MA)

Profa. Dra. Maria Verônica Meira de Andrade (IFMA – Caxias-MA)

**AREIA  
2019**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S729m Souza, Luana Magna de.

Mitigação da produção de metano em cabras leiteiras com dietas contendo óleos de plantas do cerrado / Luana Magna de Souza. - Areia, 2019.

53 f. : il.

Orientação: Ariosvaldo Nunes de Medeiros.

Coorientação: Aldivan Rodrigues Alves.

Coorientação: Maria Verônica Meira de Andrade.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Caprinos. 2. Lipídeos. 3. Manipuladores ruminais. 4. Parâmetros ruminais. I. Medeiros, Ariosvaldo Nunes de.

II. Alves, Aldivan Rodrigues. III. Andrade, Maria Verônica Meira. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

**TÍTULO:** "MITIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO EM CABRAS LEITEIRAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE PLANTAS DO CERRADO"

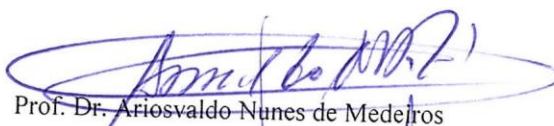
**AUTOR:** LUANA MAGNA DE SOUZA

**ORIENTADOR:** ARIOSVALDO NUNES DE MEDEIROS

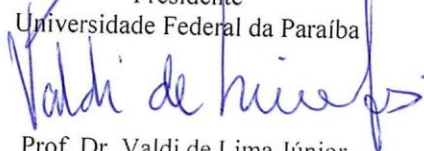
**JULGAMENTO**

**CONCEITO: APROVADO**

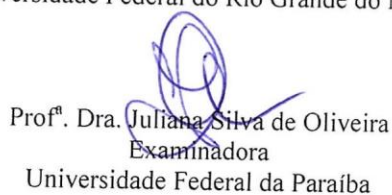
**EXAMINADORES:**



Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros  
Presidente  
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Valdi de Lima Júnior  
Examinador  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Prof.<sup>a</sup> Dra. Juliana Silva de Oliveira  
Examinadora  
Universidade Federal da Paraíba

Areia, 26 de agosto de 2019

## **BIOGRAFIA DA AUTORA**

Luana Magna de Souza, nascida em 09 de março de 1993, filha de Josefa Targino de Souza e Marcelo Magno de Souza Souto, natural de Areia-PB, iniciou em agosto de 2011 o curso de graduação em Zootecnia (Bacharelado) na Universidade Federal da Paraíba – UFPB, atuando durante o curso como monitora concursada da disciplina de Bromatologia do Departamento de Zootecnia, bolsista PIVIC/UFPB e bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/UFPB), exercendo suas atividades nos seguintes temas: produção animal, nutrição de pequenos ruminantes e avaliação de alimentos, concluindo-o em fevereiro de 2017. Em março de 2017, ingressou ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de concentração em Produção Animal – Ruminantes, da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, concluindo-o em agosto de 2019.

Aprendi com o Mestre da Vida que viver é uma experiência única, belíssima, mas brevíssima. E, por saber que a vida passa tão rápido, sinto necessidade de compreender minhas limitações e aproveitar cada lágrima, sorriso, sucesso e fracasso como uma oportunidade preciosa de crescer.

Por tudo isso Jesus Cristo se tornou, para mim, um Mestre Inesquecível.

**Augusto Cury**

*A **Deus**, autor da minha Fé, pelo sustento em dias difíceis, concedendo forças para prosseguir na direção dos sonhos e objetivos. Por revelar nos mínimos detalhes da caminhada o poder das suas mãos. Pela fé, vida e misericórdia em todos os dias.*

*Aos meus pais, Marcelo Mágnio de Souza e Josefa Targino de Souza que não mediram esforços para me apoiar, incentivando em todos os passos da caminhada. Ao meu pai, um verdadeiro exemplo de paciência e luta que nunca, em hipótese alguma mediu esforços para incentivar e ajudar, principalmente em relação aos estudos. A minha mãe, mulher forte, protetora e amiga, estando sempre à disposição para ouvir, aconselhar, cuidar em todos os momentos. Por todo amor oferecido amados pais, devo minha conquista! Vocês são meu porto seguro!*

*Ao meu irmão e companheiro Marcelo Filho, por todos os momentos de alegria e conselhos compartilhados, pela amizade garantida e amor incomparável.*

***Dedico!***



## **AGRADECIMENTOS**

*A instituição, Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade concedida e pela capacitação profissional.*

*Ao Instituto Federal do Maranhão - Campus Caxias pela total acomodação e acolhimento durante toda fase experimental e de análises laboratoriais.*

*Ao meu professor e orientador Ariosvaldo Nunes de Medeiros, homem comprometido com o dever de ensinar, profissional dedicado. Pelos ensinamentos transmitidos e acolhimento ao longo desses anos ao grupo “Nutriáridus”, onde ampliei os horizontes em visão profissional e crescimento pessoal. Sem dúvida levarei muitos de seus conselhos e ensinamentos para a vida. Muito obrigada!*

*Aos professores e coorientadores Aldivan Rodrigues Alves e Maria Verônica Meira de Andrade, pelo convite concedido e apoio em todas as necessidades no período experimental. Grata por toda compreensão e transmissão de conhecimento e pela participação na qualificação de uma profissional da Zootecnia.*

*A banca examinadora, Profa. Dr. Juliana Silva de Oliveira e professor Dr. Valdi de Lima Júnior, pelas contribuições enriquecedoras na defesa.*

*Aos demais integrantes do grupo Nutriáridus, Alenice Ramos, Márcia Silva (Marcinha), Rafael Soares, Nathalia Oliveira, Romildo Neves, Juraci Marcos, Alma Violeta, Amanda Leal, Natália Livia, Diogo Soares, Francinilda Sousa, Messias Silva, Gabriel Branco, Karla Silva, José Eduardo, Marina Sousa, Alice Rocha, Alidiell Félix, e a Gabrielle Silva; por toda experiência compartilhada. E aos alunos bolsistas e voluntários do IFMA- Campus Caxias/MA, Flávia Mayranne, Guilherme Passos, Hêmylle Jhec, Francisca Bárbara, Bruna Dutra, Pedro Vasconcelos, Jallyson Neves e Thielly, por todo companheirismo, força e determinação nesta construção acadêmica, tenho certeza que crescemos juntos. A todos de uma maneira geral.*

*Agradeço a Beatriz Dantas por todo acompanhamento, direcionamento e dedicação em todo tempo, por sempre estar disponível em colaborar para o avanço deste trabalho e sem dúvida contribuir no meu avanço profissional e pessoal. Que Deus abençoe sempre os seus passos, muito obrigada!*

*Gostaria de deixar meu agradecimento especial a Cintia Mirely, pela parceria, amizade e por toda paciência que teve comigo durante a construção dessa obra. Com certeza suas considerações me fizeram crescer e enxergar além do óbvio neste universo da Zootecnia. Você é um exemplo de dedicação e perseverança. Peço a Deus que guie seus passos e te leve a conhecer novos horizontes, você merece o melhor. Obrigada de coração por toda amizade, jamais esquecerei o que você fez por mim! Admiro-te demais!*

*Aos funcionários do LAANA, Juraci Marcos, Antônio (Duelo) e José Sales por toda ajuda e paciência. E aos funcionários do Instituto Federal do Maranhão, Campus Caxias, meu muito obrigada!*

*Obrigada a todos que participaram de forma direta e indireta da minha jornada.*

***Meus sinceros agradecimentos!***

## SUMÁRIO

	Página
<i>Lista de Tabelas</i> .....	
<i>Lista de Figuras</i> .....	
<i>Resumo</i> .....	
<i>Abstract</i> .....	
<b>1. Introdução</b> .....	15
<b>2. Referencial Teórico</b> .....	16
2.1 Gases de efeito estufa no ambiente.....	16
2.2 Óleos de plantas de ocorrência no Cerrado.....	17
2.3 Efeito da utilização de lipídeos sobre o metabolismo ruminal.....	22
2.4 Mitigação de metano entérico por meio da alimentação.....	24
<b>3. Material e Métodos</b> .....	27
3.1 Local de execução.....	27
3.2 Animais, dietas e manejo experimental.....	28
3.3 Análises bromatológicas .....	30
3.4 Determinação do consumo e coeficiente de digestibilidade aparente.....	30
3.5 Determinação dos parâmetros de fermentação ruminal.....	31
3.6 Determinação do metano .....	32
3.7 Análise estatística .....	34
<b>4. Resultados</b> .....	35

<b>5.</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>38</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>44</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
Tabela 1. Perfil de ácidos graxos de óleo de babaçu, g/100g.....	21
Tabela 2. Perfil de ácidos graxos de óleo de buriti, g/100g.....	22
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos da polpa de macaúba, g/100g.....	23
Tabela 4. Perfil de ácidos graxos da polpa de pequi, g/100g.....	24
Tabela 5. Composição química dos ingredientes das rações experimentais.....	30
Tabela 6. Proporção e composição química das rações experimentais.....	30
Tabela 7. Consumo médio diário de matéria seca e nutrientes de cabras alimentadas com óleos de plantas do cerrado.....	36
Tabela 8. Digestibilidade da matéria seca e nutrientes por cabras alimentadas com óleos de plantas do cerrado.....	37
Tabela 9. Efeito da adição de óleos de plantas do cerrado na dieta de cabras leiteiras sobre os parâmetros ruminais.....	37
Tabela 10. Efeito da adição de óleos de plantas do cerrado sobre a emissão de metano em cabras leiteiras.....	38

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Esquema da composição do fruto de babaçu e avaliação proporcional.....	20
Figura 2. Fruto maduro inteiro do buriti e suas partes.....	21
Figura 3. Fruto de macaúba.....	23
Figura 4. Localização geográfica do município de Caxias – MA.....	28
Figura 5. Aparato de coleta de gás metano (CH <sub>4</sub> ).....	33

# MITIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO EM CABRAS LEITEIRAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE PLANTAS DO CERRADO

## RESUMO

Os ruminantes contribuem para as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) à atmosfera. Deste modo, torna-se necessário estabelecer estratégia alimentar que possibilite a redução da emissão de gases de efeito estufa por ruminantes com a inclusão de suplementos lipídicos. Para tanto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito da inclusão de óleos de plantas do cerrado sobre a mitigação de metano por cabras leiteiras. O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão, pertencente ao *Campus* Caxias - MA. Foram utilizadas cinco cabras mestiças Saanen, pesando em média  $31 \pm 2,75$  kg e distribuídas em delineamento quadrado latino ( $5 \times 5$ ), por 125 dias, divididos em cinco períodos de 25 dias, sendo 20 dias para adaptação e cinco dias para coletas de dados. Os tratamentos consistiram em dieta controle e em quatro dietas com inclusão de óleos vegetais em 3,5% da MS da dieta, sendo os óleos: Macaúba, Pequi, Babaçu e Buriti. O consumo de matéria seca, não foi influenciado pela adição de óleos vegetais. Houve efeito significativo para o consumo de extrato etéreo ( $P < 0,05$ ), com valor mínimo de 34,71 g/dia e máximo de 67,72 g/dia. Já para o coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo foram observados valores mais elevados ( $P < 0,05$ ) para cabras em tratamentos com a inclusão de fontes de óleos vegetais, quando comparado ao controle. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para as concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal ( $\text{N-NH}_3$ ) e para as concentrações de acetato, propionato e butirato. A produção de  $\text{CH}_4$  em g/dia, kg/ano, diferiu ( $P < 0,05$ ) entre as dietas avaliadas. A inclusão de 3,5% de óleos de Macaúba, Pequi, Babaçu e Buriti na alimentação de cabras leiteiras, não apresentam efeitos negativos sobre o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais, reduzindo a emissão entérica de gás metano à atmosfera.

**Palavras-Chave:** Caprinos, Lipídeos, Manipuladores ruminais, Parâmetros ruminais

## **MITIGATION OF METHANE PRODUCTION IN MILK GOATS WITH DIETS CONTAINING OIL FROM PLANTS OF THE CERRADO**

### **ABSTRACT**

Ruminants contribute to the emissions of methane (CH<sub>4</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) to the atmosphere. Thus, it is necessary to establish feeding strategies for reducing the emission of greenhouse gases by ruminants as the inclusion of lipid supplements. For this purpose, this study aimed to evaluate the effect of including plant oils from the Cerrado on methane mitigation on dairy goats. The experiment was developed at the Federal Institute of Education Science and Technology of Maranhão, belonging to the Campus Caxias - MA. Five crossbred Saanen goats were used, weighing  $31 \pm 2.75$  kg BW and distributed in a 5 x 5 Latin square design for 125 days. The experiment was divided into five periods of 25 days, being 20 days for adaptation and 5 days for data collection. The treatments consisted of control diet and 4 diets with the inclusion of vegetable oils in 3.5% of DM, being the oils: Macaúba, Pequi, Babaçue Buriti. Dry matter intake was not influenced by the addition of vegetable oils. There was a significant effect on the ether extract intake ( $P < 0.05$ ), with a minimum value of 34.71 g / day and a maximum of 67.72 g / day. For the apparent digestibility coefficient of ether extract higher values ( $P < 0.05$ ) were observed for goats in treatments with the inclusion of vegetable oil sources when compared to the control. There was no difference ( $P > 0.05$ ) in ruminal ammonia nitrogen (N-NH<sub>3</sub>) and acetate, propionate and butyrate concentrations between treatments. Methane gas (CH<sub>4</sub>) production in g/day, kg/year, differ ( $P < 0.05$ ) between the evaluated diets. The inclusion of 3.5% of Macaúba, Pequi, Babaçu and Buriti oils can be included in dairy goats feed, as it has no negative effect on intake, digestibility and ruminal parameters reducing the emission of enteric methane gas to the atmosphere.

**Key-words:** Goats, Lipids, Ruminal Manipulators, Ruminal Parameters



## 1. INTRODUÇÃO

O impacto ambiental causado pela exploração pecuária tem provocado severas críticas ao longo dos anos por parte de ambientalistas, principalmente em função da emissão de gases poluentes gerados nesta atividade. Para isso, é sabido que os ruminantes contribuem com emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) na atmosfera, através dos processos de manejo nesta criação e atividade da fermentação entérica por estes animais.

Em especial as críticas estão voltadas ao desmatamento para expansão de pastagens, ao processo digestivo de fermentação entérica e ao manejo de dejetos verificados em sistemas de criação de ruminantes. Em virtude da ineficiência desse modelo de exploração pecuária, maiores quantidades de gases de efeito estufa (GEE) por quilo de carne e leite são produzidos (IPCC, 2014). Diversos pesquisadores têm estimado a emissão de metano por ruminantes. Segundo Rainere e Gameiro (2010), um bovino pode produzir até 118 kg de metano por ano enquanto que caprinos podem produzir 5 kg/ano.

Uma das estratégias que possibilitam a redução da emissão de GEE por ruminantes está fundamentada na inclusão de suplementos lipídicos na dieta, pois, a presença de lipídeos insaturados em rações pode proporcionar efeitos desejáveis, como consequência do metabolismo lipídico, inibindo a produção de metano (PAULA *et al.*, 2012).

Os lipídeos insaturados estimulam as bactérias ruminais produtoras de propionato, causando decréscimos na razão acetato:propionato e na produção de metano, agindo de maneira similar aos ionóforos (BERCHIELLE *et al.*, 2012). Jordan *et al.* (2006), observaram redução na produção diária de metano de até 39% utilizando 6% de inclusão de óleo de soja refinado na dieta de bovinos de corte McGinn *et al.* (2004) e Beauchemin *et al.* (2008), utilizando óleo de girassol encontraram reduções de 11,5 a 22% na metanogênese.

Nesse contexto, o trabalho propõe avaliar a mitigação da produção de gás metano com a inclusão de óleos vegetais de plantas do cerrado na dieta de cabras leiteiras e sua influência sobre o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Gases de efeito estufa no ambiente

Mudanças climáticas são ocorrentes ao longo dos séculos e décadas, modificando assim o meio de sobrevivência de organismos e ecossistemas. Contudo, o aquecimento global é considerado um fenômeno natural necessário para manutenção da temperatura na terra, sobrevivência das espécies e preservação da vida. Sem ele, estima-se que a temperatura superficial do planeta seria de  $-18^{\circ}\text{C}$  e não  $15^{\circ}\text{C}$ , em torno  $33^{\circ}\text{C}$  mais frio. Alguns gases presentes na atmosfera como vapor d'água, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), são responsáveis pela manutenção dessa temperatura, assim o aumento na emissão desses gases pode elevar consideravelmente a temperatura terrestre, por serem considerados retentores de calor (INPE, 2017).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – (IPCC, 2007), subdivide as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em categorias (setor de energia, indústria, agricultura, florestas, entre outras), segundo este painel as concentrações globais de GEE, cresceram 70% entre os anos 1970 e 2004, desde a era pré-industrial com aumento da atividade humana, conhecida também como atividade antropogênica, mesmo, com políticas de mitigação e práticas de desenvolvimento sustentável as emissões de GEE ainda continuarão a crescer, com projeções de um intervalo de 9,7  $\text{CO}_2\text{eq}$  (equivalente de dióxido de carbono) para 36,7  $\text{CO}_2\text{eq}$  (25-90%) entre 2000 e 2030. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018) houve no Brasil projeções de mitigação de  $\text{CO}_2\text{eq}$  entre 100,21 milhões e 154,38 milhões de toneladas, no período de 2010 a 2018.

O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), emitido por meio do uso de petróleo, carvão e gás natural (combustíveis fósseis) é o mais abundante dos gases de efeito estufa (MMA, 2017). A liberação do  $\text{CO}_2$  e nitrogênio (N) são aumentados por plantas em crescimento, por meio de combustão e decomposição da matéria orgânica do solo. O metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), por sua vez são emitidos para o meio ambiente através da respiração das plantas, biomassa viva acima e abaixo do solo, resíduos mortos e orgânicos do solo (IPCC, 2014). Quanto a remessa de gases produzidos pela pecuária, acredita-se ser oriunda da fermentação entérica dos ruminantes produzindo  $\text{CH}_4$ , e da deposição de dejetos dos animais emitindo  $\text{N}_2\text{O}$  (BERCHIELLI *et al.*, 2012).

Em âmbito global, dos 14% do metano emitido para atmosfera,  $\frac{1}{4}$  são emitidos por ruminantes, principalmente por eructação (via bucal), que corresponde a 3,5% do valor de CH<sub>4</sub> mundial (MEISTER, 2013), tendo potencial de aquecimento de 20 a 25 vezes maior que o CO<sub>2</sub> (RAINERE; GAMEIRO, 2010).

O IPCC (2018) em relatório tratando sobre aquecimento global e seus impactos e perspectivas futuras deixou claro que o cenário de 1,5°C ou mais no aquecimento poderia impactar nos sistemas naturais e humanos de forma irreversível, ou seja, necessitando de ações climáticas urgentes. Quanto mais tempo ao combate das emissões de gases de efeito estufa maiores os impactos ambientais e difíceis soluções.

## 2.2 Óleos de plantas de ocorrência no Cerrado

Existem inúmeras fontes de lipídeos que podem ser utilizadas na alimentação animal como, gordura, óleo vegetal, sementes vegetais oleaginosas ou resíduos vegetais ricos em gorduras e são classificados em lipídeos de reserva (triglicerídeos em sementes), de membranas (gactolipídios e fosfolipídios) e derivados de estruturas moleculares solúveis em éter e insolúveis em água (ceras, clorofila etc.) (KOZLOSKI, 2016).

O Brasil possui grande potencial para produção de óleos vegetais, alguns deles considerados locais e oriundos de frutos de palmeiras, vegetação essa que faz parte do Cerrado, bioma que abrange 22% do território brasileiro entre eles Amapá, Roraima, Piauí, Maranhão, Bahia e Sul do estado de São Paulo e Paraná, considerado o segundo maior bioma nacional. Abrigando mais de 11.000 espécies vegetais, sendo 4.400 endêmicas (MEDEIROS, 2011).

O babaçu (*Attalea speciosa*) faz parte dessa vegetação, é uma planta nativa brasileira de grande porte, que pode alcançar 30 metros de altura, com troco cilíndrico e copa em formato de traça. O fruto do babaçu possui característica carnosa contendo sementes, com elevados números de frutos por cacho podendo chegar de 3 a 5, e em alguns casos de 15 a 25 cachos. Este fruto possui camada externa rígida chamada epicarpo, mesocarpo camada mais interna (0,5 a 1,0 cm) rica em amido, endocarpo rígido com 2 a 3 cm e amêndoas, contabilizando 3 a 4 por fruto (TEIXEIRA, 2000). Portanto, não existe apenas uma espécie no gênero *Attalea*, contudo a *Attalea speniosa* e a *Attalea phalerata* são mais conhecidas (CARRAZZO *et al.*, 2012).

**Figura 1.** Esquema da composição do fruto de babaçu e avaliação proporcional.



Fonte: Barros (2011).

O óleo de babaçu é extraído através da prensagem das amêndoas, reduzindo o teor de óleo da torta de 12 a 15%, o restante é extraído por solventes que chegam a retirar cerca de 98% de óleo, permitindo um teor residual de 1% de óleo no farelo de babaçu (FERREIRA *et al.*, 2017).

De acordo com Souza (2013), o óleo de coco de babaçu é incolor, possui em sua composição grades quantidades de ácidos de cadeia curta e média, com maior concentração de ácidos graxos saturados (83,4%) e predominância de ácido láurico, como pode ser observado no perfil apresentado por Machado (2018), expresso na Tabela 1.

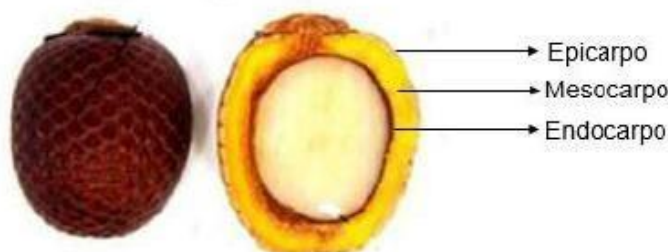
O buriti (*Mauritia flexuosa* L.F.) é uma palmeira considerada abundante na América do Sul, predominante em áreas de solos úmidos e alagadiços. No Brasil abrange a Amazônia, Bahia, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso, Ceará, Maranhão, Piauí, Tocantins (LORENZI, 2002). Caracterizada como planta nativa de grande porte, monocaule, podendo atingir cerca de 30 metros ou mais de altura (VIEIRA *et al.*, 2006). Seu fruto apresenta formato elipsoide-oblongos com epicarpo escamoso, mesocarpo carnoso (polpa), endocarpo fino e quando maduro apresenta coloração marrom-avermelhado, cada fruto possui semente com endosperma homogêneo e duro (MIRANDA; RABELO, 2008), expresso na Figura 2.

**Tabela 1.** Perfil de ácidos graxos do óleo de babaçu, g/100g.

Ácido graxo	Composição (%)
Ácido Caprílico (C8:0)	4,28
Ácido Cáprico (C10:0)	5,10
Ácido Láurico (C12:0)	49,02
Ácido Mirístico (C14:0)	16,16
Ácido Esteárico (C18:0)	3,25
Ácido Oleico (C18:1 <i>cis</i> 9)	11,57
Ácido Linoleico (C18:2 n-6)	1,66
Ácido Linolênico (C18:3 n-3)	0,32
Ácido Araquídico (C20:0)	0,85
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,03
Ácidos Graxos Saturados	86,69
Ácidos Graxos Monoinsaturados	11,57
Ácidos Graxos Poli-insaturados	1,98

Fonte: Adaptado de Machado (2018).

Comercialmente usado na produção e fabricação de bebidas, cosméticos, como matéria-prima para construção de casas, artesanato e seu fruto é utilizado na alimentação de animais (VIEIRA, *et al.*, 2006).

**Figura 2.** Fruto maduro inteiro do buriti e suas partes.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2011).

O óleo de buriti é extraído da polpa do fruto e possui características organolépticas desejáveis, com aroma e sabor agradável. Esse é um óleo considerado rico em vitaminas e minerais, em especial vitamina C, E e A, possuindo também alto teores de  $\beta$ -caroteno o qual proporciona a coloração alaranjada do fruto (BARBOSA *et al.*, 2010). Segundo Machado (2018) esse óleo apresenta em sua composição alto teor de ácidos graxos insaturados, rico em ácido oleico e palmítico como pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Perfil de ácidos graxos do óleo de buriti, g/100g.

Ácido graxo	Composição (%)
Ácido Láurico (C12:0)	0,02
Ácido Mirístico (C14:0)	0,08
Ácido Pentadecílico (C15:0)	0,03
Ácido Palmítico (C16:0)	17,82
Ácido Palmitoleico (C16:1)	0,14
Ácido Margárico (C17:0)	0,08
Ácido Esteárico (C18:0)	1,52
Ácido Oleico (C18:1 <i>cis</i> 9)	75,65
Ácido Vacênico (C18:1 <i>cis</i> 11)	1,14
Ácido Linoleico (C18:2 n-6)	1,65
Ácido Linolênico (C18:3 n-3)	1,09
Ácido Araquídico (C20:0)	0,09
Ácido Gadoleico (C20:1)	0,51
Ácido Behênico (C22:0)	0,03
Ácido Tetracosanoico (C23:0)	0,02
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,05
Ácidos Graxos Saturados	20,04
Ácidos Graxos Monoinsaturados	77,45
Ácidos Graxos Poli-insaturados	2,74

Fonte: Adaptado de Machado (2018).

A palmeira de macaúba é considerada uma planta de larga abrangência, distribuindo-se ao longo da América tropical e subtropical. No Brasil possui abundância no bioma do Cerrado; por ser um gênero de ampla dispersão geográfica pode apresentar variada morfologia dentro do mesmo gênero. Grupos importantes são encontrados em Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Ceará, Pernambuco, Alagoas e demais locais do território brasileiro (SILVA, 2009).

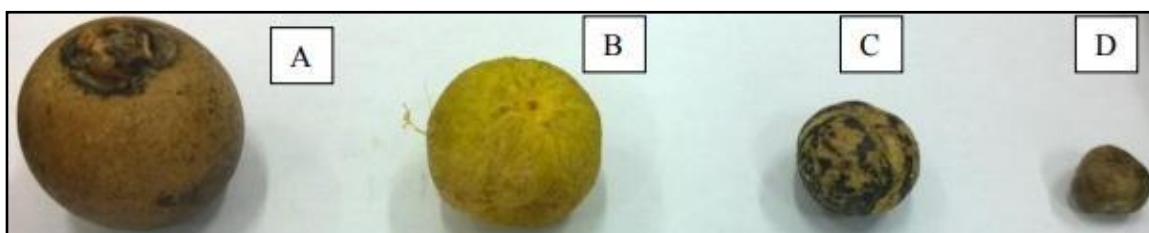
Dentre as espécies classificadas de macaúbas a *Acrocomia aculeata* (campos abertos do Cerrado), *Acrocomia totai* (Pantanal) e *Acrocomia intumescens* (Ceará, Pernambuco e Alagoas), são as três principais espécies encontradas com maior abrangência no Brasil (LORENZI, 2006).

De acordo com Costa (2016) a macaúba-barriguda do gênero *Acrocomia intumescens*, possui ocorrência restrita a região Nordeste, sendo a única do gênero existente nesta região. A característica do caule bojudo na parte mediana desta planta é o que dá representatividade ao seu nome diferenciando-a das demais espécies.

Em geral a palmeira de macaúba produz de 3 a 4 cachos, com frutos esféricos de 2,5 a 5 cm de diâmetro, sendo formados em partes 20% de epicarpo (casca) de coloração

marrom-amarelada que se rompe facilmente quando maduro, 40% de mesocarpo (polpa) fibroso, comestível e de sabor adocicado, 33% de endocarpo com forte fixação ao mesocarpo de coloração escura e 7% de amêndoa, considerada oleaginosa comestível (CARVALHO *et al.*, 2011; CICONINI, 2012).

**Figura 3.** A) Fruto de macaúba com casca; B) Polpa do fruto sem casca; C) Endocarpo do fruto; D) Amêndoa do fruto.



Fonte: Costa (2016).

A polpa de macaúba possui maior concentração de ácidos graxos insaturados (74,50%) e predominância de ácido oleico, como pode ser observado no perfil apresentado por Hiane *et al.* (2005), expresso na Tabela 3.

**Tabela 3.** Perfil de ácidos graxos da polpa de macaúba, g/100g.

Ácido graxo	Composição (%)
Ácido Caprílico (C8:0)	0,45
Ácido Cáprico (C10:0)	0,27
Ácido Láurico (C12:0)	1,97
Ácido Mirístico (C14:0)	0,45
Ácido Palmítico (C16:0)	15,96
Ácido Palmitoleico (C16:1)	1,01
Ácido Esteárico (C18:0)	5,92
Ácido Oleico (C18:1 <i>cis</i> 9)	65,87
Ácido Linoleico (C18:2 n-6)	5,10
Ácido Linolênico (C18:3 n-3)	2,52
Ácido Araquídico (C20:0)	0,50
Ácidos Graxos Saturados	25,52
Ácidos Graxos Monoinsaturados	66,88
Ácidos Graxos Insaturados	74,50
Ácidos Graxos Poli-insaturados	7,62

Fonte: Adaptado de Hiane *et al.* (2005).

O pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.) é uma planta típica brasileira de ocorrência no Cerrado em especial no cerradão e nos cerrados densos, caracterizada como pequeno e médio porte, que pode alcançar 7 a 12 metros de altura, com troco retorcido de crescimento para os lados e em alguns casos próximo ao chão (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O fruto do pequi possui característica drupóide de coloração esverdeada, depresso-globuloso com epicarpo cariáceo-carnoso (casca), mesocarpo carnoso de coloração amarelo-claro (polpa), com endocarpo constituído por espinhos e com amêndoa aderida de característica oleosa e adocicada (CORREA *et al.*, 2008). O óleo é extraído do fruto, especialmente da polpa e/ou da amêndoa. Segundo Lopes *et al.* (2012) a polpa de pequi apresenta elevados teores de óleo, em média 30,89%, com predominância de ácido oleico e palmítico, expresso na Tabela 4.

**Tabela 4.** Perfil de ácidos graxos da polpa de pequi, g/100g.

Ácido graxo	Composição (%)
Ácido Caproíco (C6:0)	0,09
Ácido Láurico (C12:0)	0,06
Ácido Mirístico (C14:0)	0,09
Ácido Palmítico (C16:0)	39,48
Ácido Palmitoleico (C16:1)	1,17
Ácido Esteárico (C18:0)	2,33
Ácido Oleico (C18:1 <i>cis</i> 9)	52,90
Ácido Vacênico (C18:1 <i>cis</i> 11)	0,02
Ácido Linoleico (C18:2 n-6)	2,28
Ácido Linolênico (C18:3 n-3)	0,25
Ácido Araquídico (C20:0)	0,28
Ácido Gadoleico (C20:1)	0,20
Ácido Beênico (C22:0)	0,08
Ácidos Graxos Saturados	42,42
Ácidos Graxos Insaturados	56,82

Fonte: Adaptado de Lopes *et al.* (2012).

### 2.3 Efeito da utilização de lipídeos sobre o metabolismo ruminal

A utilização de lipídeos possui como finalidades, aumentar a carga energética de dietas fornecidas aos animais, acrescentando maior capacidade de absorção de vitaminas lipossolúveis e fornecimento de ácidos graxos essenciais para manutenção das funções vitais do organismo. Os ácidos graxos apresentam em sua estrutura, cadeias completamente saturadas (sem nenhuma dupla ligação entre os átomos de carbono) e outras insaturadas (com uma ou mais duplas ligações entre os átomos de carbono), classificados de



monoinsaturados ou poli-insaturados, ramificadas ou lineares (BERCHIELLE *et al.*, 2006; ANGELI, 2014).

Com relação à utilização de lipídeos para aumento de carga energética, deve-se obedecer a um limite na utilização para ruminantes, como citado anteriormente. Limite esse estabelecido pelo efeito negativo sobre a digestibilidade da fibra, não devendo ultrapassar os 7% da matéria seca ingerida (MEDEIROS *et al.*, 2015). Os lipídeos possuem carga energética de 2,25 vezes maior que os carboidratos, sendo usados na alimentação de animais lactantes com intuito de aumentar a produção de leite, minimizando a mobilização corpórea (SILVA *et al.*, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2015).

No rúmen, os lipídeos ingeridos são representados, especialmente por lipídeos esterificados, como triglicerídeos, galactolipídios e fosfolipídios hidrolisados, liberando geralmente ácidos graxos livres e glicerol, basicamente encontrados em grãos de cereais e oleaginosas (no caso dos triglicerídeos) por meio da ação das lipases liberadas pela membrana superficial das bactérias. A quebra desses lipídeos, processo conhecido por lipólise, processo inicial do metabolismo, necessário para que aconteça posteriormente a biohidrogenação, mecanismo considerado de autodefesa por parte microrganismos, em especial as bactérias, transforma ácidos graxos insaturados em saturados, por apresentarem menos toxidez, principalmente às bactérias Gram (+), metanogênicas e aos protozoários (MACHADO, 2018).

Outro aspecto importante neste metabolismo, é que os lipídeos não participam no crescimento de proteína microbiana, pois, as bactérias não utilizam lipídeos para obtenção de energia. A utilização de ácidos graxos por intermédio das bactérias é inexistente ou mínima. Chegando ao duodeno uma quantidade de lipídeos maior que a quantidade consumida via dieta, isso pela ação metabólica inerente as bactérias ruminais dando origem a lipídeos oriundos da própria massa microbiana (KOZLOSKI, 2016). Além disso, a suplementação lipídica consiste na diminuição da concentração de amônia ruminal, por meio da proteólise ou processo de reciclagem de bactérias e ciliados, reduzindo assim a ação das metanogênicas e aumentando a produção de propionato (NAGARAJA *et al.*, 1997).

Grande parte dos ácidos graxos insaturados liberados por esse processo são transformados em saturados pelas bactérias ruminais pela biohidrogenação, por serem considerados tóxicos a elas. Em processos de isomerases e redutases os ácidos linoleico (18:2) e linolênico (18:3), vão sendo convertidos a ácidos graxos saturados como esteárico (18:0). O ácido linoleico (18:2) é convertido a ácido rumênico (C18:2 trans-11), a vacênico

(C 18:1 trans- 11) e sendo biohidrogenado a esteárico, saturando o ácido graxo (C 18:0) (PALMIQUIST *et al.*, 2006; KOZLOSKI, 2016).

Segundo Van Nevel e Demeyer (1988) vários fatores inerentes a dieta podem alterar os aspectos ruminais e os processos de lipólise e isomerização dos ácidos graxos insaturados, como o aumento proporção de concentrado, promovendo a queda do pH ruminal que apresenta importante função nas alterações dos lipídeos no rúmen e na composição de bactérias no ambiente ruminal. De maneira similar, os lipídeos insaturados estimulam as bactérias ruminais produtoras de propionato, causando decréscimos no pH, consequentemente na razão acetato:propionato e na produção de metano (BERCHIELLE *et al.*, 2012).

Assim sendo, os lipídeos podem ser utilizados em dietas para ruminantes em virtude aos seus efeitos benéficos, como: reduzir a concentração de amônia ruminal, metanogênese e aumentar a produção de propionato. Porém, deve-se atentar para na qualidade da fonte lipídica que será fornecida, por resultar na redução da digestibilidade da fibra, como citado anteriormente (BERCHIELLE *et al.*, 2006).

## **2.4 Mitigação de metano entérico por meio da alimentação**

De acordo com o Ministério da Ciência e Tecnologia (2010), que relata as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) por fermentação entérica, a emissão média de CH<sub>4</sub> por caprinos alimentados a pasto, com peso médio de 40 kg, é de 5 kg de CH<sub>4</sub> por ano, esse valor é estimado, onde foi considerado uma aproximação com animais de sistema digestivo semelhantes. Em geral, a medida de emissão de metano pode ser obtida em animais confinados e sob condições controladas (MEISTER, 2013).

A quantificação das emissões de gases de efeito estufa por ecossistemas agrícolas e as estimativas para o Brasil revelam que a pecuária constitui uma das principais fontes de liberação de CH<sub>4</sub> entre as atividades agropecuárias. Há necessidade de quantificar a emissão de CH<sub>4</sub> por caprinos já que estudos com bovinos e ovinos em condições de pastejo e confinados são descritos na literatura (MEISTER, 2013), por isso, a preocupação dos pesquisadores em desenvolver estratégias que venham diminuir a emissão do GEE, sem prejudicar a expansão pecuária.

A utilização de suplementação lipídica na alimentação animal é uma estratégia na redução da emissão de CH<sub>4</sub>, alternativa essa que melhora a eficiência alimentar. A presença

de lipídeos insaturados em rações pode proporcionar efeitos desejáveis, como inibição da produção de metano e amônia no rúmen (VAN NEVEL; DEMEYER, 1988).

A produção de CH<sub>4</sub> pelos ruminantes é uma das fontes que podem ser manipuladas, pois está relacionada ao tipo de animal, qualidade e tipo de alimento, o consumo e digestibilidade da dieta (BERCHIELLI *et al.*, 2012). Qualquer fator que iniba a ação das bactérias metanogênicas produtoras do CH<sub>4</sub>, como uso de lipídeos que agem de maneira similar aos ionóforos, modulam a fermentação ruminal e aumentando a formação de propionato que proporciona queda do pH causando decréscimo na produção de metano (KOZLOSKI, 2011).

Segundo Berchielli *et al.* (2006) aumento na taxa de passagem, aumento na taxa de fermentação, decréscimo da ruminação ou pH são condições que levam a redução de H<sup>+</sup> disponível no rúmen para formação de CH<sub>4</sub>, tornando evidente que as bactérias metanogênicas são sensíveis às mudanças ocorridas na ração animal. Diante do processo de produção de CH<sub>4</sub> pelos ruminantes pode-se entender que redução de CH<sub>4</sub> está relacionada ao manejo nutricional adequado, seja com o uso de suplementação concentrada, lipídica, ionóforos ou extratos de plantas.

Vários são os mecanismos de ação dos lipídeos sobre a metanogênese: diminuição da matéria orgânica fermentável no rúmen, tendo em vista que os lipídeos não são fonte de energia para as bactérias ruminais; Diminuição da atividade das metanogênicas pela presença de ácidos graxos de cadeia média (MACHMULLER *et al.*, 1998); Efeito tóxico sobre bactérias celulolíticas (NAGAJARA *et al.*, 1997) e protozoários (DOREAU; FERLAY, 1995) exercido por ácidos graxos poli-insaturados; Biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados (JOHNSON; JOHNSON, 1995).

A ação sobre a membrana celular, em particular de bactérias gram-positivas resulta no efeito tóxico de ácidos graxos de cadeia longa. O ácido linoléico é tóxico para bactérias celulolíticas (*F. succinogenes*, *R. albus* a *R. flavefasciens*), por afetar a integridade celular, e para fungos *Neocallimastix frontalis* cultivados in vitro (MAIA *et al.*, 2007). Mudanças como essas na população microbiana ruminal auxiliam na formação de propionato, aumentando a captação de H<sub>2</sub>.

A efetividade da adição de lipídeos para reduzir emissões de CH<sub>4</sub> depende de vários fatores, incluindo nível de suplementação, a fonte de lipídeo utilizada, a forma de fornecimento (óleo refinado ou sementes de oleaginosas, por exemplo) e o tipo de dieta (BEAUCHEMIN *et al.*, 2008). Os mesmos autores revisando 17 estudos com bovinos e

ovinos, estabeleceram relação entre o nível de lipídeo adicionado (% do CMS) e a emissão de metano (g/kg de MS consumida) para diferentes fontes dietéticas de gorduras e óleos, encontraram considerável variação entre as fontes de lipídeos no efeito sobre a metanogênese, sendo relatada redução de 5,6% na produção de metano para cada 1% de adição de lipídeo. Observou-se queda acentuada na produção de CH<sub>4</sub> (g/kg de MS consumida) em alguns estudos com óleo de coco (63,8% de redução com adição de 7% de gordura (MACHMULLER; KREUZER, 2000) e com ácido mirístico (58,3% de redução com 5% de adição de lipídeo (SANTOS *et al.*, 2001).

Martin *et al.* (2009) resumiram dados de estudos *in vivo* (67 dietas suplementadas com lipídeos) avaliando os resultados de diferentes fontes de lipídeos sobre a emissão de CH<sub>4</sub> entérico em bovinos e ovinos estes encontraram uma redução média de 3,8% na emissão de CH<sub>4</sub> (g/kg de MS ingerida) para cada 1% de gordura adicionada na dieta (% do CMS), e neste contexto, fica claro que os efeitos dos ácidos graxos sobre a metanogênese ruminal são amplamente dependentes da sua natureza

Opções de matérias primas vêm sendo estudadas e utilizadas (soja, mamona, algodão, pinhão-manso, dendê, licuri, babaçu, macaúba, nabo forrageiro, amendoim, girassol, canola e coco) (BOMFIM *et al.*, 2009). Uma das consequências desta nova realidade é a geração de grandes quantidades de coprodutos (farelos, tortas e glicerina), potencial para inclusão em dietas de ruminantes, as quais possivelmente irão contribuir com a diminuição da mitigação de metano entérico.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

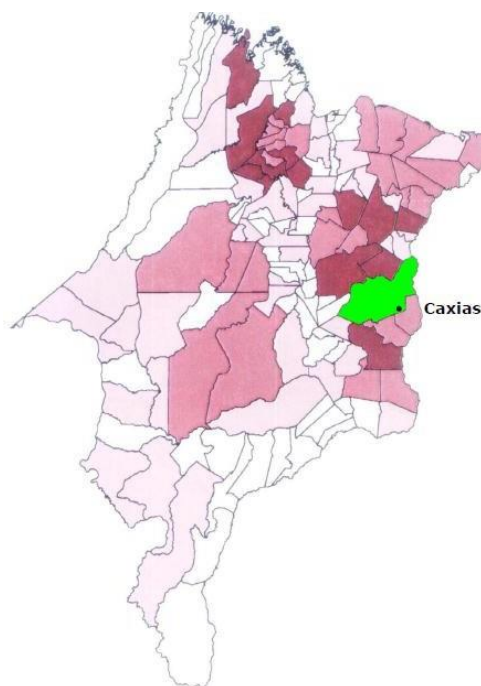
A pesquisa foi conduzida de acordo com as normas éticas e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais em Ensino e Pesquisa do Instituto Federal do Maranhão com número de processo: 23249.040114.2016-51, no período 22 de dezembro de 2017 a 06 de março de 2018.

#### 3.1 Local de execução

O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão, *Campus Caxias*, localizado no município de Caxias-Maranhão.

O município de Caxias encontra-se localizado na região dos Cacaís e pertence a zona fisiográfica do Itapecuru, situado na mesorregião do leste maranhense apresentando as seguintes coordenadas geográficas, latitude 04° 53' 30" sul e longitude 43° 24' 53" a oeste, com altitude aproximada de 66 metros, como demonstrado na Figura 4.

**Figura 4.** Localização geográfica do município de Caxias – MA.



O clima da região é do tipo subúmido seco, com temperatura média anual de 27 °C, precipitação pluviométrica entre 1600 e 2000 milímetros. A vegetação predominante é Cerrado, exibindo variações que vão desde o cerrado ralo até o cerradão, com alguns trechos entremeados por babaquais e buritizais (CONCEIÇÃO; RUGGIERI, 2010).

### 3.2 Animais, dietas e manejo experimental

Na execução do experimento foram utilizadas cinco cabras mestiças Saanen, pesando em torno de  $31,00 \pm 2,75$  kg. Os animais foram mantidos em regime de confinamento, em galpão coberto com telhas de cerâmica sobre estruturas de ripas e caibros, com baias individuais em orientação leste-oeste de piso ripado, providas de comedouro e bebedouro, para fornecimento da alimentação e água *ad libitum*.

O experimento teve duração de 125 dias, divididos em cinco períodos de 25 dias, sendo os 20 primeiros dias de cada período utilizados para adaptação dos animais às dietas experimentais e os cinco dias seguintes atribuídos às coletas de dados e amostras. O delineamento utilizado foi quadrado latino ( $5 \times 5$ ), com cinco tratamentos e cinco períodos, em que os tratamentos consistiram em uma dieta controle, composta por capim elefante e concentrado (farelo de soja, farelo de milho e suplemento mineral), e quatro dietas com inclusão de óleos de plantas nativas do cerrado maranhense, sendo elas, Macaúba= 3,5% de macaúba, Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)= 3,5% de óleo de pequi, Babaçu (*Attalea speciosa* Mart ex)= 3,5% de óleo de babaçu e Buriti (*Mauritia flexuosa* L.F.)= 3,5% de óleo de buriti com base na matéria seca (MS).

Todas as dietas foram isoproteicas formuladas segundo o NRC (2007), para atender as exigências de cabras leiteiras com produção de 2 kg/cabra/dia, possuindo uma relação volumoso:concentrado 45:55. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, logo após a ordenha às 7h30 e 16h30, na forma de mistura completa, composta por capim elefante, suplemento concentrado (farelo de soja, farelo de milho e suplemento mineral) e inclusão de óleo. As sobras foram pesadas diariamente e o ofertado ajustado em função do consumo do dia anterior, permitindo o percentual de sobras de 20% (Tabela 5 e 6).

**Tabela 5.** Composição química dos ingredientes das rações experimentais.

Variáveis	Ingredientes		
	Milho grão moído	Farelo de soja	Capim elefante
Matéria seca <sup>1</sup>	892,5	895,6	245,75
Matéria orgânica <sup>2</sup>	986,0	940,2	941,4
Matéria mineral <sup>2</sup>	14,0	59,8	58,6
Proteína bruta <sup>2</sup>	95,4	482,4	49,3
Extrato etéreo <sup>2</sup>	44,6	36,4	18,0
Fibra em detergente neutro <sup>2</sup>	149,6	161,2	734,8
Fibra em detergente ácido <sup>2</sup>	29,3	128,2	455,9
Carboidratos não-fibrosos <sup>2</sup>	696,3	319,3	139,3
Carboidratos totais <sup>2</sup>	846,0	421,4	874,1

<sup>1</sup>g/kg de matéria natural, <sup>2</sup>g/kg de matéria seca.

**Tabela 6.** Proporção e composição química das rações experimentais.

Ingredientes g/kg	Dietas				
	Controle	Buriti	Babaçu	Macaúba	Pequi
Capim elefante	445,11	443,41	443,41	443,41	443,41
Milho moído	361,35	317,81	317,81	317,81	317,81
Farelo soja	185,11	195,26	195,26	195,26	195,26
Óleo	0,00	35,12	35,12	35,12	35,12
Núcleo mineral <sup>3</sup>	2,41	2,40	2,40	2,40	2,40
Calcário Calcítico	6,02	6,00	6,00	6,00	6,00
Composição Química g/kg					
Matéria Seca	606,00	610,90	610,90	610,90	610,90
Matéria Mineral	50,64	50,51	50,51	50,51	50,51
Matéria Orgânica	949,36	949,49	949,49	949,49	949,49
Proteína Bruta	145,72	146,37	146,37	146,37	146,37
Extrato Etéreo	30,87	64,04	64,04	64,04	64,04
Fibra em Detergente Neutro	410,96	404,84	404,84	404,84	404,84
Fibra em Detergente Ácido	237,24	236,49	236,49	236,49	236,49
Carboidratos Não Fibrosos	361,81	333,90	333,90	333,90	333,90
Carboidratos Totais	772,78	738,73	738,73	738,73	738,73

<sup>3</sup>Núcleo mineral (composição básica)= Fosfato Bicálcico, Carbonato de Cálcio, Óxido de Magnésio, Premix Mineral Transquelatado, Carbo-Amino-Fosfo-Quelato de Cobre, Carbo-Amino-Fosfo-Quelato de Zinco, Carbo-Amino-Fosfo-Quelato de Manganês, Carbo-Amino-Fosfo-Quelato de Selênio, Carbo-Amino-Fosfo-Quelato de Cromo, Cloreto de Potássio, Enxofre Ventilado, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Veículo q.s.p.

### 3.3 Análises bromatológicas

As amostras de ingredientes, sobras e fezes, foram coletadas durante os dias de coleta do período experimental, sendo fezes e sobras coletadas nos últimos cinco dias de cada período, pesadas e retirada uma alíquota de 20% e homogeneizadas para constituir uma amostra composta de cada animal, estas amostras foram armazenadas em freezer e posteriormente descongeladas para análises bromatológicas. O material foi pré-seco em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas e moído em moinho de facas do tipo Willey, usando peneira de crivo de 2 mm e em seguida de 1 mm, para sobras e ingredientes.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do IFMA/Campus Caxias-MA e foram realizadas de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists* – AOAC (1997), para avaliação de matéria seca (MS) (*método 934.01*), matéria mineral (MM) (*método 942.05*), proteína bruta (PB) (*método 954.01*), e extrato etéreo (EE) (*método 920.39*). As determinações da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram avaliadas utilizando o equipamento autoclave (SENGER *et al.*, 2008).

Os carboidratos totais (CHOt) e carboidratos não-fibrosos (CNF) foram estimados empregadas às equações preconizadas por Sniffen *et al.* (1992).

$$\text{CHOt} = 1000 - (\text{PBg} + \text{EEg} + \text{Cinzasg});$$

$$\text{CNF} = 1000 - (\text{PBg} + \text{FDNg} + \text{EEg} + \text{Cinzasg}).$$

### 3.4 Determinação do consumo e coeficiente de digestibilidade aparente

Os dados de consumo de matéria seca (CMS) e dos demais nutrientes foram obtidos pela diferença entre a quantidade total do nutriente fornecido e a quantidade deste contida nas sobras durante cinco dias do período de coleta. As sobras dos alimentos foram pesadas individualmente pela manhã, sendo retiradas amostras de 20% das sobras e em seguida, acondicionadas em sacos plásticos transparentes e devidamente identificados com informações pertencentes ao animal, em seguida congeladas a -15 °C.

O ensaio de digestibilidade aparente ocorreu durante os períodos de coletas, em gaiolas metabólicas, providas de tela separadora e baldes coletores, que possibilitaram a coleta total de fezes. A cada período experimental foi realizada a coleta total de fezes, durante os últimos cinco dias, sendo estas pesadas a cada 24 horas, homogeneizadas, pesadas, amostradas em 20% do peso total diário, identificadas e armazenadas em freezers a



uma temperatura de -15 °C. Ao término dos períodos, as amostras foram processadas, quando então o material coletado foi descongelado, misturado, alíquotas compostas por animal foram retiradas, secas em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 55°C, por 72 horas, homogeneizadas e moídas em peneira de 2 mm, para em seguida serem analisadas.

O cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente foi realizado baseado na fórmula descrito por Silva e Leão (1979):

$$\text{CD do nutriente (g/kg)} = \frac{\text{Consumo do nutriente (g)} - \text{Nutriente nas fezes (g)}}{\text{Consumo do nutriente (g)}} * 1000$$

### 3.5 Determinação dos parâmetros de fermentação ruminal

Para as análises dos parâmetros ruminais foi coletado líquido ruminal das cabras através de sonda esofágica, nos horários de 00:00; 02:00; 05:00 e 08:00 horas após alimentação, com filtragem em panos de algodão. Logo após a coleta do líquido foi realizada a leitura de pH através de pHmetro portátil e posteriormente foi coletada uma alíquota de 20 ml de líquido ruminal acrescida de 2 ml de ácido metafosfórico e uma alíquota de 40 ml de líquido ruminal acrescido de 1 ml de ácido sulfúrico, congeladas em freezer para posterior análises de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e nitrogênio amoniacal ruminal (N-NH<sub>3</sub>).

Para determinação de N-NH<sub>3</sub> (método INCT-CA N-007/1), no momento da análise, as amostras contendo ácido sulfúrico foram descongeladas em temperatura ambiente, acrescentadas 1 ml da solução de ácido tricloacético, agitadas e centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos, para obtenção do sobrenadante conforme técnica descrita por Detmann *et al.* (2012).

Para a quantificação de AGCC as amostras contendo ácido metafosfórico foram descongeladas em temperatura ambiente, centrifugadas a 15.000 rpm por 10 minutos em microcentrífuga da marca Kasvi, para obtenção do sobrenadante. As amostras foram analisadas em Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), marca SHIMADZU, modelo SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultravioleta (UV), utilizando comprimento de ondas de 210 nm. Coluna: HPX-87H; Marca: BIORAD; Medida: 30 cm x 4,5 mm de diâmetro; Fluxo na Coluna de 0,8 ml/minuto; Pressão na Coluna: 70 Kgf; Fase Móvel: Água em 0,05 MM de Ácido Sulfúrico; Volume Injetado: 20 µl.

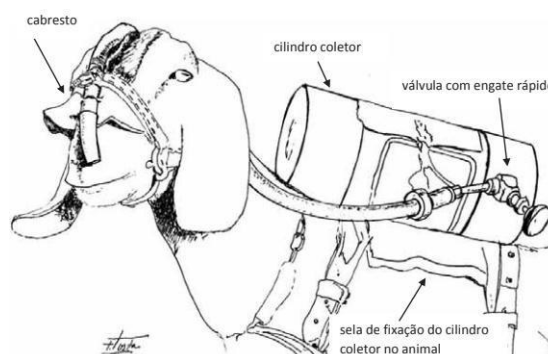
### 3.6 Determinação do metano

A cada período foi realizada coleta para a quantificação da emissão de metano, por meio da técnica do gás traçador SF<sub>6</sub> conforme Johnson *et al.* (1995). O ensaio foi realizado nos últimos sete dias dos períodos experimentais, sendo dois dias de adaptação do aparato coletor de gases e cinco dias consecutivos para as coletas de dados.

Os recipientes coletores de gás foram confeccionados em tubos de PVC de alta pressão (PN 80 - 8,0K gf/cm<sup>2</sup>), com 100 mm de diâmetro interno, 3,6 mm de espessura de parede e 28 cm de comprimento. As extremidades do cano foram fechadas com tampa (“cap”) de PVC de mesma classificação tomando a forma de cilindro com volume interno de dois litros aproximadamente. Na lateral desse material foi fixada uma válvula com engate rápido perfurando a parede da tampa e do cano, tomando a forma de cilindro. Obteve-se uma redução no peso do cilindro coletor, com essa adaptação, em torno de 500 g quando comparado a utilizada por bovinos.

Os testes de pressão e vácuo foram feitos de acordo com a metodologia descrita por Primavesi *et al.* (2004). Os cilindros coletores de gases pré-evacuados ( $\approx -12,00$  psi) com bomba de vácuo foram acoplados no dorso dos animais, próximo a cernelha com auxílio de sela feita a base de couro, passando por baixo das axilas e peito do animal (MEISTER, 2013) e foram trocados a cada 24 horas, pela manhã antes do acesso a alimentação. O interior da sela foi confeccionado em ferro soldado encapada com couro para proteção do cilindro e forrado para não ferir o dorso do animal, buscando conforto. O aparato para coleta de metano pode ser observado na Figura 5.

**Figura 5.** Aparato de coleta de gás metano (CH<sub>4</sub>).



Fonte: Meister (2013).



Fonte: Arquivo pessoal.

A coleta de ar expirado ou eructado foi realizada por meio de um conjunto formado por tubo capilar, mangueiras de PTFE - Teflon® (politetrafluoretileno) e filtro, presos a um cabresto alocado próximo a narina, conforme utilizado por Primavesi *et al.* (2004).

Para controle da taxa de liberação do gás traçador foi utilizada uma membrana de Teflon™ de 0,5 mm de espessura. As cápsulas de permeação foram confeccionadas em latão segundo Lassey (2001), equipadas com uma pastilha porosa de metal (porous stainless-steel frit) para suportar a pressão interna e arruela, receberam carga de aproximadamente 500 mg de SF<sub>6</sub> ultrapuro, com taxa de emissão entre 500 a 1000 ng/min (MEISTER *et al.*, 2013) permaneceram alocadas dentro de béquer e deixadas em banho-maria a 39 °C, depois foram pesadas semanalmente durante sete semanas consecutivas e as taxas de emissões foram determinadas por gravimetria. A cápsula foi introduzida no rúmen dos animais, através de sonda esofágica.

Os cilindros foram pressurizados com N<sub>2</sub> de alta pureza (5,0 FID) até pressão de 1,40 psi, e o valor anotado para cálculo de diluição, posteriormente o gás foi expulso do cilindro para o interior de uma seringa de 60 ml, isso ocorreu para cada animal. As leituras das concentrações de CH<sub>4</sub> e de SF<sub>6</sub> foram realizadas em cromatógrafo a gás (Agilent® modelo 6890) equipado com dois injetores conectados a dois loops de aço inox com capacidades de 0,5 mL, acoplados a duas válvulas de seis vias com controle pneumático, detectores de ionização de chama (FID a temperatura de 200 °C) para metano e de captura de elétrons (μ-ECD a temperatura de 300 °C) para SF<sub>6</sub>; com duas colunas: uma para metano megabore Plot HP-Al/M (0,53 mm x 30 m x 15,0 mm) e para SF<sub>6</sub> megabore HP-MolSiv (0,53 mm x 30 m x 25,0 mm).

A partir da taxa conhecida de liberação do gás traçador no rúmen, das concentrações de metano e do gás traçador nas amostras de gás capturado, o fluxo de metano liberado pelo

animal foi calculado em relação ao fluxo de SF<sub>6</sub> medido, pela equação geral segundo Westberg *et al.* (1998):  $QCH_4 = QSF_6 \times ([CH_4 \text{ cilindro}] - [CH_4 \text{ background}]) / ([SF_6 \text{ cilindro}] - [SF_6 \text{ background}])$ , em que SF<sub>6</sub> é a taxa de emissão de SF<sub>6</sub> calibrada no tubo de permeação

### 3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o programa estatístico R Stúdio versão 3.5.2 (2018). A indicação de diferença entre as médias dos tratamentos foram obtidas pelo de Teste de Duncan a um nível 5% de significância.

Utilizou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \epsilon_{ijk}$$

Em que: Y = observação do animal i (efeito aleatório), no período j (efeito aleatório), no quadrado k (efeito aleatório), submetida ao tratamento I (efeito fixo);  $\mu$  = efeito geral da média;  $\alpha_i$  = efeito do tratamento i, sendo i= 1, 2, 3, 4, 5;  $\beta_j$  = efeito da coluna j, sendo j= 1, 2, 3, 4, 5;  $\tau_k$  = efeito da linha k, sendo k= 1, 2, 3, 4, 5; e  $\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação Y<sub>ijk</sub>.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Consumo

O consumo de MS ( $P = 0,185$ ) em g/dia e em % de PC ( $P = 0,089$ ) não diferiram entre as dietas utilizadas. Da mesma forma, o consumo de MM ( $P=0,043$ ) e PB ( $P=0,346$ ) não apontaram diferenças significativas para as cabras entre as dietas (Tabela 7).

Todavia, o consumo EE ( $P=0,003$ ) foi maior para cabras alimentadas com dietas utilizando óleos de macaúba, pequi, babaçu e buruti em comparação a dieta controle, com valor mínimo de 34,71 g/dia (dieta controle) e máximo de 67,72 g/dia (dieta com inclusão de óleo de macaúba) (Tabela 7).

Os resultados de consumo de MO ( $P = 0,189$ ), CHOt ( $P=0,125$ ) e CNF ( $P=0,107$ ) não foram influenciados pelas dietas com e sem uso de óleos (Tabela 7).

**Tabela 7.** Consumo médio diário de matéria seca e nutrientes de cabras alimentadas com óleos de plantas do cerrado.

Consumo g/dia	Dietas					EPM	P – valor
	Controle	Macaúba	Pequi	Babaçu	Buriti		
MS	1034,84	931,03	877,21	828,81	747,87	20,354	0,185
MS % PC	3,95	3,20	2,72	2,73	2,62	0,099	0,089
MM	51,41	46,53	43,60	40,99	35,53	1,051	0,130
MO	983,39	884,49	833,58	787,78	712,30	19,271	0,189
PB	159,51	144,77	132,18	125,87	123,25	3,039	0,346
EE	34,71b	67,72a	56,14a	61,26a	57,11 <sup>a</sup>	1,440	0,003
FDN	385,70	343,88	328,49	306,23	254,29	8,569	0,110
CHOT	803,06	659,63	657,40	612,82	543,53	16,123	0,125
CNF	417,33	334,70	328,89	306,56	292,28	7,168	0,107

Matéria seca (MS), matéria seca em % de peso corporal (MS % PC), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não-fibrosos (CNF). Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Erro padrão da média (EPM).

### 4.2 Digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN), carboidratos totais (DCHOT) e carboidratos não-fibrosos (DCNF) não foram influenciados pelas dietas experimentais ( $P>0,05$ ), exceto para o coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo (DEE), que foi observado valores mais elevados ( $P=0,008$ ) para cabras que

consumiram dietas com inclusão de óleos de macaúba, pequi, babaçu e buriti, quando comparado às cabras que consumiram dieta controle (Tabela 8).

**Tabela 8.** Digestibilidade da matéria seca e nutrientes por cabras alimentadas com óleos de plantas do cerrado.

Variáveis g/kg	Dietas					EPM	P – valor
	Controle	Macaúba	Pequi	Babaçu	Buriti		
DMS	754,66	750,56	707,02	711,69	705,57	17,923	0,555
DMO	793,39	766,71	716,29	729,40	726,65	16,163	0,161
DPB	795,08	818,29	717,73	744,00	766,88	21,655	0,526
DEE	808,00b	929,59a	901,83a	935,56a	915,68a	13,895	0,008
DFDN	543,10	553,74	518,48	465,78	490,42	34,925	0,486
DCHOT	766,79	733,85	701,91	689,29	693,52	19,612	0,263
DCNF	909,35	904,68	893,60	879,82	873,14	7,542	0,143

Digestibilidade da Matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro (DFDN), carboidratos totais (DCHOT), carboidratos não-fibrosos (DCNF). Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Erro padrão da média (EPM).

#### 4.3 Parâmetros de fermentação ruminal

Em relação a concentração de pH, as dietas que continham óleos de Macaúba, Pequi, Buriti e a dieta controle, não diferiram entre si ( $P>0,05$ ), entretanto, para a dieta contendo óleo de babaçu apresentou média de pH de 6,38, inferior a dieta controle. (Tabela 9).

**Tabela 9.** Efeito da adição de óleos de plantas do cerrado na dieta de cabras leiteiras sobre os parâmetros ruminiais.

Variáveis	Dietas					EPM	P – valor
	Controle	Macaúba	Pequi	Babaçu	Buriti		
pH	6,75a	6,70a	6,82a	6,38b	6,63ab	0,049	0,057
N-NH <sub>3</sub> (mg/dL)	15,23	13,76	14,46	12,92	18,50	0,535	0,320
Acetato (mmol/L)	11,05	11,95	10,36	12,97	12,23	0,452	0,387
Propionato (mmol/L)	7,11	9,37	7,73	10,11	8,94	0,448	0,441
Butirato (mmol/L)	2,48	3,03	1,99	2,34	2,73	0,125	0,170
AGCC Total <sup>1</sup>	20,64	24,36	20,09	25,43	23,91	0,993	0,443
A:P <sup>2</sup>	1,55	1,27	1,34	1,28	1,43	0,035	0,652

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. <sup>1</sup>

Ácidos graxos de cadeia curta totais. <sup>2</sup> Razão acetato:propionato.

Para o nitrogênio amoniacal ruminal (N-NH<sub>3</sub>) ( $P>0,05$ ; Tabela 9) não foi observado influência pelas dietas para cabras em estudo, apresentando valor mínimo de 12,92 mg/dL, para dieta com utilização de óleo de babaçu.

As concentrações de acetato ( $P=0,387$ ), propionato ( $P=0,441$ ) e butirato ( $P=0,170$ ), ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) ( $P=0,443$ ) e razão acetato:propionato ( $P=0,652$ ) não mostraram diferenças entre as dietas.

#### 4.4 Gás Metano

A emissão de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) em g/dia ( $P=0,066$ ) e em kg/ano ( $P=0,066$ ) diferiram estaticamente entre as dietas avaliadas, apresentando redução na produção de metano em g/dia e kg/ano com a inclusão dos óleos na dieta. Contudo, não houve diferença significativa para emissão de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) em consumo de MS ( $P=0,703$ ) e %PC ( $P=0,675$ ) não sendo influenciados pela inclusão de óleos nas dietas.

**Tabela 10.** Efeito da adição de óleos de plantas do cerrado sobre a emissão de gás metano em cabras leiteiras.

Variável	Dietas			Babaçu	Buriti	EPM	$P$ – valor
	Controle	Macaúba	Pequi				
$\text{CH}_4$ /dia (g)	10,36a	8,54ab	7,89b	7,07b	7,84b	0,193	0,066
$\text{CH}_4$ /ano (kg)	3,78a	3,11ab	2,88b	2,58b	2,86b	0,073	0,066
$\text{CH}_4$ /CMS (g/g)	0,010	0,009	0,009	0,009	0,011	0,0006	0,703
$\text{CH}_4$ /PC (g/kg)	0,288	0,280	0,324	0,269	0,438	0,039	0,675

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

## 5. DISCUSSÃO

O CMS neste trabalho não foi influenciado pela utilização dos óleos, mesmo assim os valores de consumo podem estar aliado às funções pertencentes às características do próprio óleo vegetal, que possui poder de aumentar a carga energética das rações, proporcionando menor consumo por parte dos animais, por satisfazer às demandas energéticas rapidamente, comparada a dieta controle sem utilização do óleo. Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Gomes (2018) ao avaliar a utilização de óleo de buriti e babaçu na dieta de pequenos ruminantes, com valores de CMS para dieta controle de 998,82 g/dia, óleo de buriti de 872,62 g/dia e óleo de babaçu 771,94 g/dia.

Entretanto, o efeito da inclusão de óleos na alimentação animal ainda precisa de mais estudos, pois, algumas literaturas apresentam redução do CMS, enquanto outras, aumento ou mesmo falta da influência dos lipídeos na dieta (SILVA *et al.* 2007; MAIA, *et al.* 2011).

Em relação aos resultados de consumo de MO, PB, FDN, CHO<sub>t</sub> e CNF das dietas não apresentaram diferenças, contudo, apresentaram mesmo comportamento que o consumo de MS, exceto para o consumo de EE que foi maior em dietas com utilização de óleos. Normalmente, a utilização de lipídeos na dieta pode reduzir o consumo de nutrientes, caso o teor de lipídeo ultrapasse 7% de EE na MS da dieta (PALMIQUIST; JENKINS, 1980), afirmativa que provavelmente comprova a não redução no consumo dos nutrientes presentes nas dietas, em virtude da utilização de apenas 3,5% de EE na MS. No entanto, observou aumento no consumo de EE para cabras alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos, resultado já esperado, pois a inclusão de óleos promoveu maior teor de EE às dietas, portanto maior consumo. Os resultados obtidos em relação ao CEE corroboram com Maia *et al.* (2010), que ao avaliar a inclusão de 3% e 5% de óleo de licuri ou mamona na dieta de cabras com 47% volumoso, não encontraram efeito no consumo de matéria seca (CMS). Para o consumo de extrato etéreo (CEE), a suplementação lipídica proporcionou CEE superiores ao da dieta controle. Resultados semelhantes foram observados por Maia *et al.* (2011) e Gomes (2018), em estudos realizados com diferentes fontes de óleos na dieta de ovinos.

A pouca variação na composição das dietas e no consumo da maioria dos nutrientes pode ter acarretado na ausência de significância dos resultados encontrados para as variáveis de coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes. O aumento na DEE já era esperado



nas dietas com utilização de óleos, pois ao aumentar insaturação das dietas a digestibilidade dos ácidos graxos também aumenta. Alterações ocorridas no metabolismo ruminal podem afetar a digestibilidade da gordura, especialmente quando se trata do grau de insaturação do lipídeo (BERCHIELLI, *et al.* 2006). Resultados semelhantes foram encontrados por Maia *et al.* (2011), que adicionando diferentes fontes de óleo vegetal para ovinos, não encontrou efeito sobre as digestibilidades da MS, MO, PB, FDN e CNF, sendo estes semelhantes aos encontrados neste trabalho. De acordo com Maia *et al.* (2010), foi observado menor valor para a digestibilidade aparente do extrato etéreo na dieta controle, já dietas contendo óleo de licuri ou mamona apresentaram maiores valores de DEE.

Segundo Gomes (2018), a digestibilidade dos lipídeos pode variar de 85% a 95%, a variar pelo perfil de ácidos graxos encontrado no alimento, além disso, o mesmo autor observou aumento na digestibilidade do EE ao utilizar óleo de buriti e babaçu, em que o óleo de babaçu apresentou digestibilidade maior comparado ao óleo de buriti, resultados como estes foram constatados no presente trabalho. Souza (2012), ao avaliar a inclusão de 4% óleo de faveleira, gergelim e mamona na matéria seca de dietas para cabras em lactação não verificou diferença na digestibilidade do EE, sugerindo que a suplementação lipídica manteve o equilíbrio dos microrganismos ruminais.

Em relação aos parâmetros ruminais os valores de pH ruminal se mantiveram dentro da faixa considerada ideal para a atividade microbiana, o valor mais próximo ao ideal foi observado por cabras alimentadas com óleo de babaçu. Segundo Van Soest (1994), é necessário um pH ruminal acima de 6,2; valores inferiores a este dificultam a taxa de digestão e aumentam o tempo de colonização para degradação da parede celular. O pH ruminal é ajustado por um sistema complexo dependente do nível de fibra na dieta, do resultado líquido entre a produção e absorção de AGCC, e do rúmen bem tamponado pelo fluxo de saliva (ALVES *et al.*, 2016).

O pH é um dos fatores fundamentais para o funcionamento normal do rúmen, possui efeito sobre os microrganismos ruminais e os produtos gerados na fermentação. Por sua vez, sofre variações ao longo do dia e a dieta é fundamental nesse processo de variação, pois, após a alimentação normalmente ocorre decréscimo na concentração do mesmo (OLIVEIRA, 2013). Portanto, os resultados encontrados no presente estudo podem comprovar que a quantidade de fibra na dieta não foi limitada e que inclusão dos óleos não alterou as condições normais do rúmen, mantendo as concentrações de pH dentro da faixa ideal para atividade metabólica dos microrganismos.

Quanto a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal ( $\text{N-NH}_3$ ) mesmo não apresentando influência das dietas ficou na faixa do valor citado na literatura, que segundo Satter e Slyter (1974), é de 5 mg/100mL, teor mínimo considerado apropriado para o crescimento microbiano. E para atingir potencial máximo de atividade metabólica e crescimento microbiano um teor considerado de 23 mg/100mL (MEHREZ *et al.* 1997), sendo assim, todas as dietas mantiveram teor de nitrogênio amoniacal ruminal dentro da exigência mínima e entre a exigência máxima preconizada. A concentração de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) no rúmen está relacionada com a degradação da proteína dietética e do equilíbrio que envolve a produção e a utilização pelos microrganismos, que utilizam o nitrogênio contido na amônia para síntese de proteína, em especial proteína microbiana (MANELLA *et al.*, 2002; SANTOS, 2006).

Resultados encontrados por Maia *et al.* (2006), corroboram com o presente estudo, que trabalhando com inclusão de 5,1% de óleo de arroz, canola e soja não encontraram influência da inclusão dos óleos sobre a concentração de  $\text{N-NH}_3$  ruminal, apresentando valor médio de 23,00 mg/dL. Do mesmo modo, Gomes (2018) ao avaliar a inclusão de 4% de óleo de babaçu e buriti na dieta de pequenos ruminantes não observou influência da dieta sobre o nitrogênio amoniacal ruminal, porém valores menores do que o indicado na literatura para um adequado crescimento dos microrganismos foi encontrado.

Não foram observadas diferenças nas concentrações de acetato e butirato. As reações envolvidas na formação desses produtos da fermentação são inter-relacionadas, a proporção em que cada ácido graxo é produzido vai depender da espécie de bactéria, com isso a dieta possui total influência em função dos produtos finais da fermentação, dietas ricas em fibras tendem a apresentar maior concentração de acetato e consequentemente maior teor de butirato devido a influência causada pela pressão do  $\text{H}_2$ , como as dietas experimentais apresentaram praticamente o mesmo teor de FDN (Tabela 6), o consumo FDN e digestibilidade da FDN não alteraram as concentrações de acetato e butirato que mantiveram-se sem diferenças entre as dietas avaliadas.

Segundo Palmquist e Mattos (2006), o aumento do propionato com utilização de lipídeo dar-se pela mudança na população microbiana, selecionando bactérias Gram-negativas produtoras de ácido succínico precursor da rota para formação do propionato, favorecendo uma maior concentração desse ácido no rúmen, entretanto, não foi observado aumento na concentração de propionato no presente estudo, podendo ser justificado pelo teor de extrato etéreo dos óleos utilizados que não foi suficiente em alterar a proporção do

propionato. Em contrapartida, Gomes (2018) avaliando utilização de óleos na alimentação de pequenos ruminantes observou maior proporção de propionato em relação a acetato e butirato, nas proporções Acetato:Propionato:Butirato= 18,76:8,49:3,02 para dieta controle e A:P:B =17,64:12,71:1,58 para dieta utilizando óleo de babaçu.

Em relação a razão A:P, a proporção do propionato não foi suficiente para reduzir a distância entre o acetato, provavelmente uma maior quantidade de óleo poderia promover o aumento que afetasse a razão A:P.

A emissão média de 3,08 kg/ano de CH<sub>4</sub>, com a inclusão de óleos em relação a dieta controle ( $P=0,066$ ), ficou a baixo do apresentado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (2010) em que a média de emissão de CH<sub>4</sub> por fermentação entérica em caprinos alimentados a pasto é de 5 kg por ano de CH<sub>4</sub>. Sendo assim no presente estudo, todas as dietas em sistema confinado apresentaram valores reduzidos de emissão de CH<sub>4</sub>. Essa emissão de gás metano pode ser influenciada por diversos fatores como ingestão de matéria seca, qualidade da dieta, produção e concentração de ácidos graxos, proporção de concentrado na dieta, entre outros (JOHNSON; JOHNSON 1995; MOREIRA et al., 2013).

Todavia, a emissão de gás metano CH<sub>4</sub>/dia (g) e consequentemente CH<sub>4</sub>/ano (kg) foi afetada pela inclusão de óleos na dieta em paralelo com a proporção de concentrado presente na formulação das dietas experimentais. Essa influência pode ser relacionada com a concentração de propionato que apresentou maiores valores nas dietas contendo óleos quando comparada com a dieta controle, reduzindo a produção de H<sub>2</sub> no rúmen, substrato utilizado pelas as Archeas para produção de CH<sub>4</sub>. Ou seja, os microrganismos não mudaram a rota metabólica e nem a população em virtude do pH mais elevado ocasionado pela presença da própria relação de concentrado ser maior que volumoso. Que ao observar a relação volumoso:concentrado do presente estudo é possível avaliar um sistema comumente utilizado como estratégia de redução na emissão de gás metano, tendo em vista a maior proporção de concentrado em comparação ao volumoso da dieta que encontra-se numa relação de 45:55.

Diversos trabalhos relatam que a suplementação concentrada é uma das alternativas na mitigação de metano pelos ruminantes por causar modificações na fermentação ruminal, como por exemplo, decréscimo no pH, proporcionando ação de bactérias que resistem a esses decréscimos, favorecendo seleção de microrganismos ruminais e alteração nas rotas metabólicas (PEDREIRA et al., 2005; GONZAGA, 2007; HOOK et al., 2010). Afirmativas estas que corroboram com os resultados do presente estudo. Resultados semelhantes ao

encontrado foram vistos por Homem Junior (2013), que ao trabalhar com diferentes fontes lipídicas como grãos de girassol, grãos de amendoim, óleo bruto de amendoim e gordura protegida na dieta de ovinos encontrou diferença na mitigação de metano por esses animais diminuindo aproximadamente em 50% a produção total de metano dos cordeiros em relação à dieta controle. Em contrapartida, Betenel (2018) utilizando de óleos essenciais na alimentação de ruminantes sobre a mitigação de metano não observou diferença estatística entre os tratamentos para a emissão de metano em g/dia, kg /ano, g/kg PV e g/kg P<sup>0,75</sup>.

Como mencionando anteriormente, apenas o pH, teve influência quando da adição de óleo ( $P>0,05$ ) permanecendo os demais parâmetros ruminais semelhantes entre os tratamentos, a exemplo da produção de ácidos graxos de cadeia curta. No ambiente ruminal a produção de metano é realizada pelo gênero *Archea* (metanogênicas), que utilizam o hidrogênio livre como fonte de energia após o processo de quebra dos carboidratos da dieta e consequentemente produção do gás metano. Dietas ricas em concentrados sofrem ação de bactérias fermentadoras de carboidratos não fibrosos que competem com os microrganismos metanogênicos pelo uso de hidrogênio, diminuindo a produção de metano. Já a utilização de lipídeos pode acarretar decréscimo na concentração dos microrganismos ruminais principalmente bactérias e protozoários os quais são responsáveis por rotas que favorecem a produção de metano ruminal (PAULA *et al.*, 2012), fato que corrobora com a diminuição, em dados percentuais, quando comparados aos divulgados pelos órgãos de monitoramento da emissão de gases efeito estufa.

Portanto, Stella *et al.* (2017), relataram que o uso de óleos essenciais nas dietas para ruminantes possuem potencial para reduzir a produção de metano. Além de ser um gás de efeito estufa, apresenta uma perda energética do animal que poderia ser direcionado para um melhor desempenho animal. Sendo necessárias mais pesquisas envolvendo a utilização de óleos para elucidar o teor ou dosagem ideal na alimentação animal.

Assim, resultados como estes apresentam suma importância, tendo em vista que pesquisadores buscam cada vez mais alternativas voltadas para a redução na produção de gases poluentes, já que a atividade pecuária está relacionada com os impactos ambientais e mudanças climáticas.

## **6. CONCLUSÃO**

A inclusão de 3,5% de óleos de Macaúba, Pequi, Babaçu e Buriti na alimentação de cabras leiteiras, não apresentam efeitos negativos sobre o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais, reduzindo a emissão entérica de gás metano à atmosfera.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. R.; PASCOAL, L. A. F.; CAMBUÍ, G. B. *et al.* Fibra para ruminantes: aspecto nutricional, metodológico e funcional. **PUBVET**, v. 10, p. 513-579, 2016.

ANGELI, N. C. **Metabolismo de lipídeos em ruminantes**. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 6 p., 2014.

AOAC, 1997. **Official Methods of Analysis**, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 4 rev., 2v.

BARBOSA, R.I.; LIMA, A.D.; JUNIOR, M.M. Biometria de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* L.F.- ARECACEAE): Produção de polpa e óleo em uma área de savana em Roraima. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**. Belém, v. 5, n. 10, 2010.

BARROS, I. C. **Avaliação Biofarmacotécnica de potencial excipiente farmacêutico: pó de mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.)**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Piauí, Teresina, p. 21-28, 2011.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 583p.

BERCHIELLE, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de Metano entérico em pastagem tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.13, n.4, p.954-968, Salvador, 2012.

BEAUCHEMIN, K.A.; KREUZER, M.; O'MARAC, F.; McALLISTER, T.A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, p.21-27, 2008.

BENETEL, G. **Uso de óleos essenciais como estratégia moduladora da fermentação ruminal para mitigação das emissões de metano por bovinos Nelore**. 90 f. (Tese de Doutorado) Universidade de São Paulo, 2018.

BOMFIM, M. A. D.; SILVA, M. M. C.; DOS SANTOS, S. F. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária.**, João Pessoa, v3, n4, p.15-26, 2009.

CARRAZZO, L.R.; CRUZ, J.C.; SILVA, A.M.L. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e folha do babaçu (*Attalea spp.*)**. Distrito Federal – DF, 2ª edição, p.13-15, 2012.

CARVALHO, C. O. **Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* L. F. (ARECACEAE – Buriti) para uso sustentável na reserva de desenvolvimento tupé: rendimento e atividade antimicrobiana**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais), Universidade do Estado do Amazonas, 2011.

CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Universidade Católica Dom Bosco, Mato Grosso do Sul, 128p., 2012.

CONCEIÇÃO, G. M. RUGGIERI, A. C. Ocorrência e importância de *Hidroleaspina* L. (*Hidrolaphyllaceae*), Caxias, Maranhão-Brasil. **Revista Acta Tecnológica/ IFMA**, v. 5, n.1, 2010.

COSTA, D. A. N. **Estudo do processo de extração do óleo de macaúba (*Acromia intumescens*)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2016.

CORREA, G. C. *et al.* Physical determinations in fruit and seeds of baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonia* num Rizz.) and pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) aiming genetic breeding. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 42-47, 2008.

DETMANN, E. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema., 214p., 2012.

DOREAU, M; FERLAY, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. **Livestock Production Science** 43, 97–110, 1995.

FERREIRA, L.S.; SANTOS, M.R.P.; FIGUEIRA, C.; NAGATA, M. R.; REMÉDIOS, C.M.R.; SOUSA, F.F. Caracterização de óleos e resinas vegetais da Amazônia por espectroscopia de absorção. **Science Plena**, v.13, p. 01-07, 2017. Doi: 10.14808/sci.plena.2017.012704.

FREITAS, M.A.G.; SIQUEIRA, G.B.; SIQUEIRA, F.L. **Avaliação do uso do resíduo de babaçu (*Orbignya* sp) na alimentação de ruminantes**. Interações, Campo Grande, v. 15, n. 1, p. 59-70, 2014.

GOMES, R.M.S. **Óleo de buriti e babaçu na composição da dieta de ovinos**. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018.

GONZAGA, A. R. **Estimativa de consumo e degradabilidade da extrusa em caprinos suplementados na Caatinga** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB, p. 121., 2007.

HIANE, P. A., RAMOS FILHO, M. M., RAMOS, M. I. L., MACEDO, M. L. R.. Bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: Characterization and fatty acid composition. **Brazilian Journal of Food Technology**, 8, 256-259, 2005.

HOMEM JUNIOR, A. C. **Fontes lipídicas na alimentação de ovinos confinados**. 56 f. (Tese de doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal – SP, 2013.

HOOK, S.E.; WRIGHT, A.D.G.; MCBRIDE, B.W. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. **Archaea**, v.2010, n. 1, p.1-11, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – **INPE** (2017). Disponível em: <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=9> Acesso: 29/03/2019 Acesso: 30/03/2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Revised IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual**. - Emissions from livestock and manure management. Cambridge: University Press, 2007. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4\\_wg3\\_full\\_report-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg3_full_report-1.pdf)>. Acesso: 30/03/2019.



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change, 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.), Geneva, Switzerland, 151 pp.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change** (2018). Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)>. Acesso: 30/03/2019.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483-2492, 1995.

JORDAN, E.; KENNY, D.; HAWKINS, M.; MALONE, R.; LOVETT, D.K.; O'MARA, F.P. Effect of refined soy oil or whole soybeans on intake, methane output, and performance of young bulls. **Jornual of Animal Science**, Champain, v.84, p. 2418-2425, 2006.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica de Ruminantes**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 216p., 2011.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica de Ruminantes**. Santa Maria: 3ª Ed. 1ª reimpressão da UFSM, 212p., 2016.

LASSEY, K.R. et al. On the performance of SF6 permeation tubes in determining methane emission from grazing livestock. **Chemosphere – global change science**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 367-376, 2001.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, v. 14. 368p, 2002.

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Tese (Doutorado em Ciências). 166p. Universidade Federal do Paraná, Curytiba – PR, 2006.

LOPES, R.M.; SILVA, P.P.; VIEIRA, R.F.; SILVA, D.B.; GOMES, I.S.; AGOSTINI-COSTA, T.S. Composição de ácidos graxos em polpa de frutas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal –SP, v.34, n. 2, p. 635-640, 2012.

MAIA F.J.; BRANCO A.F.; MOURO G.F.; CONEGLIANS S.M.; SANTOS G.T.; MINELLA T.F.; MACEDO F.A.F. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 4, 1496-1503, 2006.

MAIA M. R. G., CHAUDHARY L. C., FIGUERES L. E WALLACE R. J. **Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen**. *Antonie Van Leeuwenhoek* 91, 303–314, 2007.

MAIA, M.O.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G.; BOMFIM, M.A.D.; FERNANDES, M.F. Consumo, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de cabras mestiças Moxotó suplementadas com óleo de licuri ou mamona. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n. 1, p. 149-155, 2010.

MAIA, M. O. de; PARENTE, H. N.; ARAÚJO, V. M. de. Utilização de lipídeos na dieta de pequenos ruminantes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zootecnia. UNIPAR**, Umuarama, v. 14, n. 2, p. 127-131, 2011.

MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. **Animal**, 4:3, p. 351-365, 2009.

MACHADO, N. A. F. **Biohidrogenação ruminal e digestão de ácidos graxos em ovinos alimentados com dietas contendo óleos de babaçu ou buriti**. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal/CCAA) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018.

MACHMULLER, A.; OSSOWSKI, D.A., WANNER, M., AND KREUZER, M. Potencial of various fatty feeds to reduce methane release from rumen fermentation in vitro (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**. v. 71, p. 117-130, 1998.

MACHMULLER, A.; OSSOWSKI, D.A.; KREUZER, M. Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.85, p. 41-60, 2000.

MANELLA, M. Q.; LOURENÇO, A. J.; LEME, P. R. Recria de bovinos nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de

*Leucaena leucocephala*: desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2274-2282, 2002.

MCGINN, S.M.; BEAUCHEMIN, K.A.; COATES, T.; COLOMBATTO, D. Methane emissions from beef cattle: effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3346–3356, 2004.

MEDEIROS, S.R. de.; GOMES, R.da C.; BUNGESTAB, D.J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF; Embrapa, p.14, 2015.

MEDEIROS, J.D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Brasília: MMA/SBF, p. 532, 2011.

MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R.; Mc DONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal Nutrition**, v.38, n.3, p.437-443, 1997.

EISTER, N.C. **Produção de metano em caprinos sob pastejo. 93 p.** Tese (Doutorado). Jaboticabal, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA (2018). **Brasil antecipa meta de reduzir emissão de CO<sub>2</sub> com a agropecuária sustentável**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/brasil-antecipa-meta-de-reduzir-emissao-de-co2-com-a-agropecuaria-sustentavel>>. Acesso: 30/03/2019.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Emissões de metano por fermentação entérica e manejo de dejetos de animais. Relatórios de referência. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA (2017) **Efeito estufa e aquecimento global**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>>. Acesso em 13/06/2017.

MIRANDA, I.P.D.A.; RABELO, A. **Guia de Identificação de palmeiras de Porto de Trombetas** – PA. Editora INPA, 2008.

MOREIRA, G. D.; LIMA, P. M. T.; BORGES, B. O.; et al. Tropical tanniniferous legumes used as an option to mitigate sheep enteric methane emission. **Tropical Animal Health and Production**, DOI 10.1007/s11250-012-0284-0, 2013.

NAGARAJA TG, NEWBOLD C. J., VAN NEVEL C. J. AND DEMEYER D. I. **Manipulation of ruminal fermentation. In The rumen microbial ecosystem (ed. PN Hobson and CS Stewart), pp. 523–632. Blackie Academic & Professional, London, UK, 1997.**

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids.** National Academy of Science, Washington, DC. pp. 2007.

OLIVEIRA, W. L., SCARIOT, A. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do Pequi-** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.

OLIVEIRA, V. S.; SANTANA NETO, J.; VALENÇA, R. L. Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo–Revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 20, n. 1, p. 1-21, 2013.

PALMIQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation ration: review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 63, p. 1-14, 1980.

PALMIQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: **Nutrição de Ruminantes**. Editores: Berchielli, T.T, Pires, A.V, Oliveira, S.G. Funep (Jaboticabal – SP), cap. 10, p. 287-310, 2006.

PAULA, E.F.E.; MAIA, F.P.; CHEN, R.F.F. Óleos vegetais em nutrição de ruminantes. **Revista Eletronica Nutritime**, v.9, n.06, p. 2075-2013, 2012.

PEDREIRA, M.S. et al. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETO, R.T.S., PEDREIRA, M.S et al. Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil. São Carlos, SP: **Embrapa Pecuária Sudeste**, (Documento n. 39) p.74.2004.

R Core Team. R: A **Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Viena, 2018, < <https://www.r-project.org>>. Acesso: 04/06/2019.

RAINERE, C.; GAMEIRO, A. H. **Alternativas para uma caprinocultura sustentável**. 2010. Disponível: <<https://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/alternativas-para-uma-caprinocultura-sustentavel-63183n.aspx>>. Acesso: 12/07/2017.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, n.2, p.199-208, 1974.

SANTOS, F.L., SILVA, M.T.C., LANA, R de P., BRANDÃO, VARGAS, L.H.; ABREU, L.R. Efeito da suplementação de lipídios na ração sobre a produção de ácido linoleico conjugado (CLA) e a composição da gordura do leite de vacas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30. p. 1931-1938, 2001.

SANTOS, F.A. Metabolismo de proteínas. In: **Nutrição de Ruminantes**. Editores: Berchielli, T.T, Pires, A.V, Oliveira, S.G. Funep (Jaboticabal – SP), cap. 9, p. 255-286, 2006.

SENGER, C. C. D.; KOZLOSKI, G. V.; SNACHEZ, L. M. B.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, 98 p. 169-174, 2008.

SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992. DOI: 10.2527/1992.70113562x.

SILVA, J.F.C.; LEAO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 380 p., 1979.

SILVA, I.C.C. **Usos de processos combinados para aumento do rendimento da extração e da quantidade de óleo de macaúba**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Biológicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 99p., 2009.

SILVA, J de C. MACAÚBA: **Fonte de matéria-prima para os setores alimentícios, energético e industrial**. Viçosa – Minas Gerais. 63p., 2007.

SOUZA, D. L. Produção e composição do leite de cabras leiteiras suplementadas com óleos vegetais. 105f. (Tese de doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, Areia – 2012.

SOUZA, L. C.; ROCHA, E. D.; ROCHA, C. P. Análises de óleos vegetais e óleo residual bruto por cromatografia gasosa visando à produção do biodiesel. **Revista Conexão Ciência**, Formiga- MG, v. 8, n. 2, p. 85-91, 2013.

STELLA, L.A.; ZUBIETA, A.S.; GOMES, B.K.; PRATES, E.R. Óleos essenciais como alternativa para redução de metano em ruminantes. **Revista Eletrônica Nutri Time**, v. 14, n. 04, p. 10, 2017.

TEIXEIRA, M. A. Estimativa do potencial energético na indústria do óleo de babaçu no Brasil.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, Campinas. **Proceedings online**, 2000 Disponível: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022000000200045&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000200045&lng=en&nrm=abn)>. Acesso: 06/08/2019.

VAN NEVEL, C.J., DEMEYER, D.I. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P.N. (Ed). The ruminal microbial ecosystem. Essex, **England: Elsevier Science**. p.87- 443, 1988.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press., 1994. 476p.

VIEIRA, R. F., AGOSTINI-COSTA, T. S., SILVA, D. B., SANO, S. M., FERREIRA, F. R. **Frutas nativas da região Centro-oeste do Brasil**. Brasília. DF: Embrapa Informações Tecnológica, 322 p, 2006.

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; Cossalman, M.W.; Michal, J.J. A SF6 Tracer Technique: Methane Measurement from Ruminants. In: USEPA **Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs**, Washington,D.C.,U.S.A, 1998.